

Представлено науково-технологічне обґрунтування складу структурованих оболонок капсульованих олій, які можуть бути представлені оліями, жирами, сумішами жировими. Обґрунтування параметрів одержання оболонок таких систем визначає технологічний цикл виробництва продукту та роботи авторського обладнання. Обґрунтування складу та властивостей оболонки капсульованих олій закладає передумови промислового виробництва продукту, що дозволяє розширити асортимент олієжирової сировини, заправок

Ключові слова: ліпіди, капсула, оболонка, альгінат натрію, пакування, сферифікація, капсулювання, напівфабрикат, полісахариди

Представлено научно-технологическое обоснование состава структурированных оболочек капсулированных масел, которые могут быть представлены маслами, жирами, смесями жировыми. Обоснование параметров получения оболочек таких систем определяет технологический цикл производства продукта и работы авторского оборудования. Обоснование состава и свойств оболочки капсулированных масел закладывает предпосылки промышленного производства продукта, что позволяет расширить ассортимент масложирового сырья, заправок

Ключевые слова: липиды, капсула, оболочка, альгинат натрия, упаковка, сферификация, капсулирование, полуфабрикат, полисахариды

1. Вступ

В останні роки спостерігається виражена тенденція зростання попиту на продукцію здорового харчування та використання напівфабрикатів високого ступеня готовності для виготовлення кулінарної продукції зі збалансованим складом. Це в певній мірі стосується олійної та жирової сировини.

Розширення асортименту кулінарної продукції з вмістом олієжирової сировини пов'язано з корегуванням її харчової цінності. Таку можливість надає розроблена технологія капсульованої олієжирової сировини.

Розробка та реалізація технології капсульованих олій має маркетингову привабливість через неповторність товарної форми олієжирової сировини на ринку, інноваційну привабливість для олієжирового комплексу та функціональність, з точки зору технологічного використання у виробництві кулінарної продукції у закладах ресторанного господарства та харчовій промисловості. Окрім традиційних товарних форм рослинних олій, жирів та у желатинових капсулах, оболонки яких є не стійкими в технологічних потоках за високих температур та заборонених до вживання в мусульманських країнах з релігійних міркувань, – інших видів жирових продуктів на ринку не виявлено.

Для забезпечення промислового виробництва гідروفобних систем є необхідним наукове обґрунтуван-

ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ КАПСУЛЬОВАНИХ ОЛІЙ ТА РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ОБОЛОНОК НА ЇХ ОСНОВІ

О. П. Неклеса

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра технології хліба, кондитерських,
макаронних виробів і харчо концентратів**

E-mail: olgapryvovarova52@mail.ru

Є. О. Коротаєва

Кандидат технічних наук, асистент*
E-mail: Korotayeva1990@gmail.com

О. Ю. Нагорний

Кандидат технічних наук, старший викладач*
E-mail: niv1112@ukr.net

*Кафедра технології харчування**

**Харківський державний

університет харчування та торгівлі

вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

ня параметрів технологічного процесу та рецептурного складу оболонок капсульованих олій.

Капсульовані олії можна використовуватися як самостійний продукт, напівфабрикат високого ступеня готовності, елемент декору в бізнес процесах B2C, B2B та у технологічних процесах виготовлення сегменту кулінарних, борошняних та кондитерських страв. Перш за все шляхи використання продукту – капсульованих олій – направлені на використання його для організації харчування населення.

2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Сьогодення суспільна свідомість характеризується зміцненням ідеї здорового способу життя, у тому числі принципів збалансованого повноцінного харчування [1–5]. Міжнародна політика в області харчування спрямована не тільки на задоволення потреб населення в окремих харчових продуктах, але й на забезпечення їх збалансованості за основними нутрієнтами.

Сьогодні олії рослинні, в основному, представлені оліями рафінованими у рідкому стані (олії розливні) та у твердому стані, а їх жирнокислотний склад їх не є збалансованим за важливими для життєдіяльності людини ПНЖК, НЖК, фосфоліпідами, стеринами, вітамінами тощо.

У харчопереробній промисловості, підприємствах галузі набувають розвитку технології, які адаптують пакувальні матеріали до можливості фасування харчової продукції в індивідуальну їстівну споживчу тару за масою, що відповідає дозі споживання на добу та відповідає потребам споживачів для організації харчування та обслуговування, у тому числі системі бортового, офісного, швидкого харчування та кейтерингу [6, 7].

Одним з напрямків функціонування інноваційних технологій харчової продукції є капсулювання, яке дозволить ліквідувати звужену можливість використання у технологічних процесах комбінації жирів за принципом фізіологічних властивостей. Продукти, одержані за такою технологією, можуть бути використані в якості «незміншумого» компоненту або декору страв.

Перспективним є напрям переробки олієжирової сировини у капсульовану форму, з термостабільною оболонкою на основі іонотропних полісахаридів. Такий спосіб дозволить розширити асортимент олієжирової сировини, забезпечити її інтактність у технологічному процесі виробництва кулінарної продукції, розробити нову товарну форму, яка за своїми функціонально-технологічними властивостями буде сприяти вирішенню чисельних технологічних завдань у галузі. Технологія капсулювання олій вимагає виробництва авторського апаратурно-технічного оснащення, що підтверджує інноваційність розробки продукту, дозволить створити принципово новий сегмент харчової продукції та надасть розвитку технологіям кулінарної продукції. Таким чином, приймаючи до уваги різноманітні функціонально-фізіологічні та функціонально-технологічні властивості олієжирової сировини, що зробили її важливими компонентами багатьох харчових продуктів, розробка економічно доцільної технології одержання капсульованих олій, яка б задовольняла б усім сучасним вимогам. У літературних даних [6, 8] обмежена інформація щодо технологій капсулювання олій у термостабільні полісахаридні оболонки, а динамічно зростаюча, високопродуктивна харчова промисловість диктує тренди розвитку харчової промисловості, які займають провідні місця у формуванні та підвищенні експортного потенціалу економіки України.

Відомі технології виробництва олій, жирів у капсульованій формі, які поділяються за способом одержання, що притаманні, в основному, фармацевтичній галузі [9, 10]. Перш за все, це збагачені олієжирові наповнювачі у желатинових капсулах [9–12]. Відомо, що желатини утворюють нетермостійкі гелі, які за температури, яка сягає вище точки плавлення, переходять у розчин ВМС, тому використання таких олієжирових капсул у складі гарячих закусок, теплих салатів та кулінарної продукції, яка піддається термічній обробці, – неможливо.

Сучасні методи капсулоутворення забезпечують можливість капсулювання як гідрофільних, так і гідрофобних матеріалів, і дозволяють одержувати капсульовані продукти з різними розмірними характеристиками.

Відомий спосіб одержання капсульованої олієжирової сировини внаслідок вертикального коаксіального екструдювання. На сьогоднішній день проведення такого капсулювання обмежено внаслідок складного апаратурного оформлення та параметрів процесу [9].

Патентний пошук [11, 13, 14] свідчить, що, здебільшого олія рослинна може перероблятися у капсульова-

ний продукт заданого діаметру за допомогою використання гелеутворювачів. Така технологія неможлива без апаратурного оснащення й має ряд обмежень за призначенням і використанням даного продукту або напівфабрикату у технологіях харчової продукції. До недоліків зазначених способів відноситься використання розчину желатину в якості оболонки, гель якого не є термостабільним, у результаті чого оболонка капсули не термостабільна [11].

Зазначений спосіб [11, 13] одержання термостабільної капсули, оболонка якої є термостабільною, але до недоліків відноситься неможливість одержання капсул з внутрішнім умістом на основі жирів, наприклад, у вигляді олій, розплавів жирів або зворотної емульсії, тому що жирова складова у цих капсулах обов'язково повинна бути у формі фази у водному дисперсійному середовищі.

Розробка технології капсульованих продуктів із застосуванням полісахариду морських водоростей – альгінату натрію (AlgNa) – розширила спектр використання олієжирових капсул у вигляді наповнювачів. Крім того капсульовані олії можна використовувати як продукт лікувально-профілактичної дії, який забезпечує контрольоване вивільнення внутрішнього умісту капсули у потрібній ділянці шлунково-кишкового тракту [15].

Досвід вчених [8, 14, 16, 18] щодо використання AlgNa у технологіях капсулювання має невичерпаний ресурс, тому його реалізація має місце в обґрунтуванні технології капсульованих олій.

3. Мета та задачі досліджень

Метою роботи є наукове обґрунтування складу оболонок у технології капсульованих олій, яке дозволить одержувати індустріальний продукт в промислових умовах.

Для досягнення поставленої мети необхідним є вирішення наступних задач:

- науково обґрунтувати параметри технології одержання капсульованих олій на авторському пристрої;
- обґрунтування рецептурного складу оболонок капсульованих олій.

4. Матеріали та методи експериментальних досліджень

Необхідним є визначення наукових та практичних передумов застосування процесу капсулювання в технології капсульованих гідрофільних харчових систем, які включають аналіз технологічних аспектів виробництва та властивостей кінцевого продукту.

Детально матеріали та методи експериментальних досліджень наведено в роботі [19].

5. Реалізація технології капсульованих олій у технологічному циклі виробництва

Сутність технології капсульованих олій полягає у співвісному збалансованому екструдюванні розчину AlgNa та олієжирової сировини у двошарове приймальне середовище, яке складається з шару олії со-

няшникової рафінованої дезодорованої і шару водно-спиртового розчину іонів Ca^{2+} .

Під час технологічного процесу виробництва капсул відбувається перехід капсул із квазістабільного в термодинамічно стабільний стан (рис. 2), що досягається за рахунок реалізації хімічних потенціалів, що виконується в нижній водній фазі складного прийомного середовища, в який закладено механізм іонотропного гелеутворення. Завдяки хімічній взаємодії AlgNa , який є складовою частиною розчину оболонки квазістабільних капсул, з іонами бівалентного металу Ca^{2+} , який є обов'язковою рецептурною складовою нижньої водної фази двошарового приймального середовища. Під час їх взаємодії утворюється ліофобна речовина – Alg_2Ca , яка представлена сіткою гелю, та протиіони – 4Na^+ : (2), (3) [18]:



Незважаючи на об'єктивність перебігу хімічної реакції (2) та (3), під час змішування двох речовин, за структурою можливе виникнення різних за властивостями (міцність, еластичність, крихкість, проникність) гелів, що відповідає різному ступеню насиченості акцептора $n(\text{Alg})$ іонами Ca^{2+} , донором якого є прийомне середовище за властивостями гелів або систем у вигляді пористих тіл. Виникнення даних структур об'єктивно доводиться, виходячи з основних законів хімії та термодинаміки.

6. Дослідження технологічних властивостей рецептурних складових оболонки капсульованих олій та їх вплив на структурно-механічні показники кінцевого продукту

Реалізація технології капсульованих олій у двошаровому приймальному середовищі визначається послідовною взаємодією елементів «квазістабільна капсула», яка існує певний час у двошаровому приймальному середовищі, формування властивостей якого, як технологічної складної системи, підпорядковується реалізації технологічних параметрів. Їх координація з технологічними параметрами квазістабільної капсули, властивостями технологічних сумішей, які взаємодіють, направлені на утворення цільового продукту.

Основним технологічним розчином, що утворює стінку капсули, є розчин AlgNa , який з точки зору гравітаційного проникнення у приймальне середовище буде представлено загальною величиною густини капсули (ρ_k), яка буде визначатися за формулою (4) та залежатиме від масового співвідношення гідрофобної фази (наприклад олії соняшникової) та фази водного розчину AlgNa :

$$\rho_k = \frac{\rho_{\text{o.c.}} \cdot V_{\text{o.c.}} + \rho_{\text{ст.}} \cdot V_{\text{ст.}}}{V_k}, \quad (4)$$

де ρ_k , $\rho_{\text{o.c.}}$, $\rho_{\text{ст.}}$ – густина капсули, олії соняшникової, стінки; $V_{\text{o.c.}}$, $V_{\text{ст.}}$, V_k – об'єм олії соняшникової, стінки, капсули.

Густина стінки капсули є складною величиною та розраховується як:

$$\rho_{\text{об.}} = \frac{1}{2} \cdot (\rho_v + \rho_{\text{AlgNa}}). \quad (5)$$

З аналізу виразів (4), (5) очевидним є прогнозоване значення ρ_k , яке буде відповідати наступній умові:

$$\rho_{\text{o.c.}} \Big|_{V_{\text{ст.}}=0} \leq \rho_k \leq \rho_{\text{ст.}} \Big|_{V_{\text{o.c.}}=0}. \quad (6)$$

Існування сферичної форми капсули можливе, коли крайні значення нерівності $V \neq 0$. Зрозумілим є те, що значення ρ_k за фізичною сутністю буде:

$$926,0 \text{ кг/м}^3 \leq \rho_k \leq 998,23 \text{ кг/м}^3. \quad (7)$$

За таких умов перетин межі фаз «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+} » двошарового приймального середовища можливий лише тільки за наявності ефективної поверхнево-активної речовини, оскільки сила міжфазового натягу за рівних значень густини фаз двошарового середовища унеможливило занурення квазістабільної капсули із олії соняшникової у водну фазу прийомного середовища.

Для реалізації технології одержання капсульованих олій доцільним є збільшення ρ_k , що можливе залученням до технологічного процесу третьої речовини зі значенням $\rho \gg \rho_k$, яка повинна бути введена в одну із фаз капсули. До розчину AlgNa може бути введено цукор білий ($\rho_{\text{цукру білого}} = 1580,0 \text{ кг/м}^3$), який здатен утворювати у воді молекулярний розчин, не змінюючи при цьому хімічний потенціал системи на основі AlgNa .

Очевидно, що факторами впливу на густину капсули є також концентрації AlgNa , цукру білого та співвідношення фаз «стінка капсули/олія соняшникова».

Гравітаційний перехід капсули в зону формування через міжфазовий шар «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+} » можливий за рахунок збільшення маси капсули як регулятора зростання ρ_k , що може бути досягнуто введенням до складу оболонки третіх речовин, зокрема, цукру білого. Згідно даних табл. 1, $\rho_{\text{розчин AlgNa}} = f(C_{\text{цукру білого}})$ такий шлях є перспективним з точки зору гравітаційних процесів, оскільки густина в інтервалі концентрації $0,01 \% < C_{\text{цукру білого}} < 40,0 \%$ зростає в 1,23 разів.

Таблиця 1

Залежність густини розчинів AlgNa від концентрації цукру білого за температури $t=20^\circ\text{C}$

$C_{\text{цукру білого у водному 1,0 \% розчині AlgNa, \%}}$	$\rho_{\text{розчин AlgNa, кг/м}^3}$	$\Delta\rho = \rho_{\text{розчин AlgNa}} - \rho_{\text{o.c. кг/м}^3}$
0,01	997,0	71,0±0,1
5,0	1019,0	93,0±0,2
10,0	1038,0	112,0±0,5
15,0	1054,0	128,0±0,5
20,0	1080,0	154,0±1,0
25,0	1104,0	178,0±1,5
30,0	1126,0	200,0±1,5
35,0	1148,0	222,0±2,0
40,0	1176,0	250,0±2,0

Таблиця 2

Залежність густини водних розчинів від концентрації AlgNa за температури $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$

C_{AlgNa} у водному розчині, %	$\rho_{\text{розчин AlgNa}} \times 10^{-3}$, кг/м ³
0,0	998,07
0,1	998,17
0,2	998,27
0,3	998,37
0,4	998,47
0,5	998,57
0,6	998,67
0,7	998,77
0,8	998,87
0,9	998,97
1,0	999,07
1,1	999,17

Густина капсули залежить від густини окремих видів сировини, які є учасниками капсулоутворення, та їх масової концентрації (мас. %). Для обґрунтування доцільності введення цукру білого до складу оболонки капсули математично розраховано густину капсули від мас. % за концентрації цукру білого 0,01...40,0 % та температури $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (табл. 3).

Із даних табл. 3 видно, що найбільш ефективним параметром зміни густини капсули є збільшення концентрації цукру білого, оскільки суттєве збільшення C_{AlgNa} неможливо внаслідок зростання в'язкості, та, як наслідок, проведення екструзії, а регулювання властивостей співвідношенням фаз (табл. 3, колонка 1) капсулювання обмежується показниками органолептичної оцінки. Припущення про можливість використання цукру білого підтверджується також можливістю дифузійного збіднення стінок від цукру білого під час промивання (витримування) сформованих капсул у воді підготовленій протягом обґрунтованого часу.

Технологія капсулювання олій реалізується взаємодією хімічних потенціалів системи, тому введення цукру білого, додавання якого до розчину змінює його молекулярний склад, може суттєво змінювати структурно-механічні властивості кінцевої сітки гелю стінок капсули. За цих умов властивості гелів Alg_2Ca будуть обумовлені властивостями третьої речовини у розчині (рис. 4). Розбавлення системи «AlgNa – вода» цукром білим може призвести до зміни як органолептичних показників за показниками смаку та пружності гелів оболонки за рівних умов змінити інтенсивність та закономірності гелеутворення. Тому постає завдання визначення закономірностей формування пружних властивостей оболонки за постійного вмісту в системі AlgNa, але за різного вмісту цукру білого. Оскільки введення цукру білого штучно призводить до відносного зростання концентрації AlgNa у розчині системи, то для визначення впливу цукру білого на властивості гелів створено модельні системи без цукру білого з підвищеним вмістом AlgNa за приведеної величини (табл. 4). Перерахунок концентрацій дозволяє співставити реологічні значення структурованих систем за еквімолекулярних співвідношень по AlgNa.

Таблиця 4

Кількісний склад модельних систем «вода – AlgNa – цукор білий»

№ зразка	C, %		Частка води, %	Всього, %
	AlgNa/цукор білий (до води), % – (рис. 1 (1))	AlgNa/вода, % – (рис. 1 (2))		
1 (контроль)	1,0*/0,0	1,0/99,0	99,0	100,0
2	1,1*/10,0	1,1/88,9	88,9	100,0
3	1,2*/20,0	1,2/78,8	78,8	100,0
4	1,3*/30,0	1,3/68,7	68,7	100,0
5	1,4*/40,0	1,4/58,6	58,6	100,0

Таблиця 3

Залежність густини капсул ($t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$) від співвідношення фаз капсули за $C_{\text{цукру білого}}=5,0\text{--}40,0\text{ \%}$

Співвідношення фаз наповнення капсули – AlgNa/олії (м³/м³)	ρ квазістабільних капсул, кг/м³								
	С _{цукру білого} 0,0 %	С _{цукру білого} 5,0 %	С _{цукру білого} 10,0 %	С _{цукру білого} 15,0 %	С _{цукру білого} 20,0 %	С _{цукру білого} 25,0 %	С _{цукру білого} 30,0 %	С _{цукру білого} 35,0 %	С _{цукру білого} 40,0 %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5/95	929,6*	930,6	931,6	932,4	933,7	934,9	936,0	937,1	938,5
10/90	933,2	935,3	937,2	938,8	941,4	943,8	946,0	948,2	951,0
15/85	936,8	939,9	942,8	945,2	949,1	952,7	956,0	959,3	963,5
20/80	940,4	944,6	948,4	951,6	956,8	961,6	966,0	970,4	976,0
25/75	944,0	949,2	954,0	958,0	964,5	970,5	976,0	981,5	988,5
30/70	947,6	953,9	959,6	964,4	972,2	979,4	986,0	992,6	1001,0
35/65	951,2	958,5	965,2	970,8	979,9	988,3	996,0	1003,7	1013,5
40/60	954,8	963,2	970,8	977,2	987,6	997,2	1006,0	1014,8	1026
45/55	958,4	967,8	976,4	983,6	995,3	1006,1	1016,0	1025,9	1038,5
50/50	962,0	972,5	982,0	990,0	1003,0	1015,0	1026,0	1037,0	1051,0

Примітка: * – нераціональні значення густини

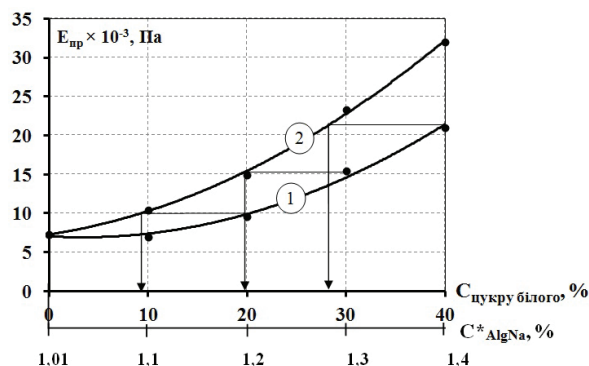


Рис. 1. Залежність модуля пружності ($E_{пр}$) модельних систем за концентрації іонів Ca^{2+} 0,048 % та концентрації AlgNa 1,0 % у системі за вмісту цукру білого 10,0...40,0 %: «вода – AlgNa – цукор білий» (1); «вода – AlgNa» (2); C^*_{AlgNa} – приведена величина

Порівняльне співставлення модулів миттєвої пружності модельних систем «вода – AlgNa – цукор білий» – крива 1, «вода – AlgNa» – крива 2 (рис. 1) підтвердило наростання пружних властивостей зі збільшенням концентрації AlgNa по відношенню до води та формування більш жорсткого гелю (крива 1, рис. 1) зі збільшенням цукру білого. При цьому, важливим є концентрація сухих речовин, а саме цукру білого, у рецептурному розчині AlgNa. Модельні гелі Alg_2Ca з концентрацією 20,0...40,0 % відповідають діапазону модулю миттєвої пружності ($E_{пр}=10,0\ldots21,5$) $\times 10^3$ Па.

Співставлення залежностей двох побудованих ліній тренду 1, 2 дозволяє стверджувати, що фактичний вміст цукру білого 40,0 % впливає на властивості сітки гелю та проявляє характерні пружні властивості гелю у чистому розчиннику з концентрацією AlgNa $1,41 \pm 0,05$ %. З урахуванням одержаних даних можна стверджувати, що зі збільшенням концентрації AlgNa та цукру білого альгінат-кальцієва оболонка капсули утворює сітку гелю з відносно зниженими показниками пружності, а цукор білий виконує пластифікуючу функцію по відношенню до гелю Alg_2Ca .

Технологічне перебування капсул в зонах впливу двошарового приймального середовища є обов'язковою умовою технологічного процесу. За великої площі контакту двох окремих систем «капсула», «фаза середовища» відбувається зміна властивостей учасників системи. За різниці питомої густини гелю оболонки та олії соняшникової верхньої фази двошарового приймального середовища спостерігатися проникність олії соняшникової у стінку капсули, в той же час водно-спиртовий розчин Ca^{2+} буде характеризуватися, вірогідно, дегідратуючою здатністю, що призводить до падіння густини фази за рахунок виходу вологи із стінок капсули з одночасною зміною властивостей оболонки. Це потребує виявлення закономірностей цих змін та закріплення їх як параметрів технологічного процесу. Вплив середовища оцінювали за зміною маси модельних систем під час перебування їх у середовищі фази.

Вплив приймального технологічного середовища на властивості стінок досліджували в модельних системах шляхом витримки гелів Alg_2Ca ($C_{AlgNa}=1,0\ldots1,5$ %) у приймальних середовищах за співвідношення «гель:середовище» як 1:50 (100 г/г).

Досліджено динаміку маси гелю Alg_2Ca ($C_{AlgNa}=1,0\ldots1,5$ %) за стехіометричного співвідношення Alg та Ca^{2+} у водно-спиртовому розчині (10–50 об. %) за етанолом для розуміння сорбційних та десорбційних властивостей Alg_2Ca під час перебування у різних за складом середовищах та обґрунтування параметрів технологічного процесу виробництва капсульованих олій.

На рис. 2 представлено динаміку маси гелю Alg_2Ca ($C_{AlgNa}=1,0$ %) та ($C_{AlgNa}=1,5$ %) (рис. 3) у стехіометричному значенні залежно від концентрації етанолу. З графіку видно, що зміна маси гелів Alg_2Ca відбувається у різновекторному напрямі. Це пов'язано з властивістю етанолу виступати дегідратором обводнених гелів за підвищених концентрацій та сприяти сольватації гелеподібної системи за низьких концентрацій. Вірогідно, такий ефект пов'язаний з його здатністю виступати у якості вираженого донору H^+ та акцептора OH^- залишків між молекулами етанолу та води під час їх взаємодії. Тому при підвищенні концентрації етанолу у водному розчині кількість водневих зв'язків значно підвищується і вільна вода, яка знаходиться у гелі Alg_2Ca , випресовується з пор гелю.

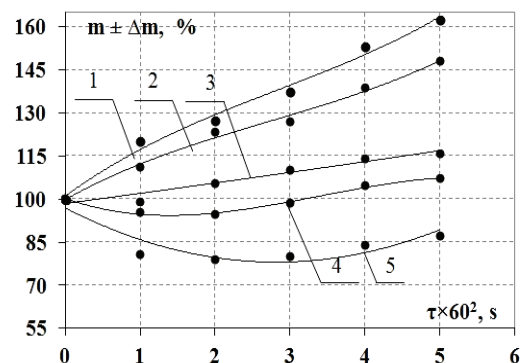


Рис. 2. Динаміка маси ($m \pm \Delta m, \%$) гелю Alg_2Ca ($C_{AlgNa}=1,0$ %) у водно-спиртовому середовищі Ca^{2+} , за концентрації етанолу, об. %: 1, 2, 3, 4, 5 – 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 відповідно

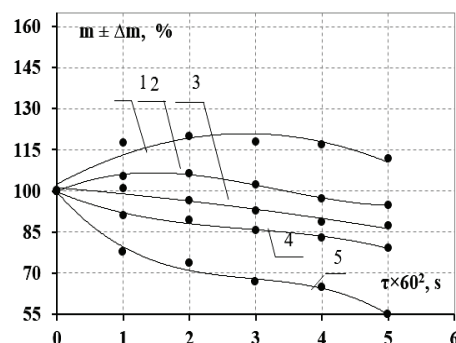
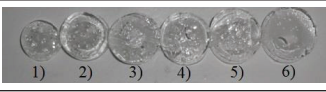
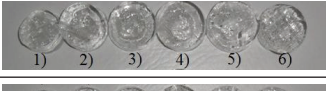
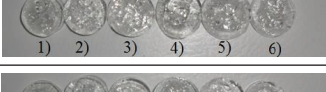
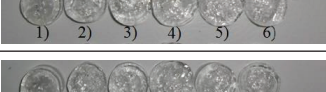
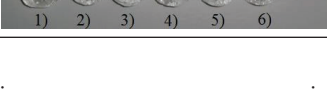


Рис. 3. Динаміка маси ($m \pm \Delta m, \%$) гелю Alg_2Ca ($C_{AlgNa}=1,5$ %) у водно-спиртовому середовищі Ca^{2+} , за концентрації етанолу, об. %: 1, 2, 3, 4, 5 – 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 відповідно

У табл. 5 наведено фотомоніторинг динаміки розмірних характеристик зразків гелів Alg_2Ca ($C_{AlgNa}=1,0$ %; ($C_{\text{іонів } \text{Ca}^{2+}}=0,048$ %) після перебування їх у водно-спиртовому середовищі ($C_{\text{ет}}=10, 20, 30, 40, 50$ об. %).

Таблиця 5

Фотомоніторинг динаміки розмірних характеристик гелю Alg_2Ca (1,0 % за AlgNa) у водно-спиртовому середовищі

Параметри та умови	Фотомоніторинг
$C_{\text{ст}}=10$ об. %; $\tau=1, 2, 3, 4, 5, 6 - (0...6) \times 3600$ с відповідно	
$C_{\text{ст}}=20$ об. %; $\tau=1, 2, 3, 4, 5, 6 - (0...6) \times 3600$ с відповідно	
$C_{\text{ст}}=30$ об. %; $\tau=1, 2, 3, 4, 5, 6 - (0...6) \times 3600$ с відповідно	
$C_{\text{ст}}=40$ об. %; $\tau=1, 2, 3, 4, 5, 6 - (0...6) \times 3600$ с відповідно	
$C_{\text{ст}}=50$ об. %; $\tau=1, 2, 3, 4, 5, 6 - (0...6) \times 3600$ с відповідно	

Фотомоніторинг розмірних характеристик зразків обґрунтовує властивість гелів втрачати вільну вологу, що утворюється під час хімічної реакції. З табл. 5 видно, що однакові зразки гелів Alg_2Ca за розмірами та концентрацією AlgNa , іонів Ca^{2+} змінюють свою геометричну форму під впливом етанолу, що свідчить про видалення вільної води з утвореного каркасу сітки Alg_2Ca .

Із закономірностей зміни маси зразків (рис. 4, 5) є очевидним, що вода та водно-спиртові розчини не забезпечують сталих розмірних характеристик капсулоутворення олійної сировини та не можуть без додаткових умов бути використані як середовище їх зберігання.

На рис. 6 наведено криві, які характеризують динаміку ($m \pm \Delta m$) модельних гелів Alg_2Ca за концентрації AlgNa 1,0 % та 1,5 %, які витримувалися протягом $\tau=6 \times 3600$ с в олії соняшникової за температури $t=20^\circ\text{C}$. З даних видно, що характер зміни маси характеризується малою динамікою, що пов'язано зі структурою гелів Alg_2Ca та їх нездатністю вивільнення вільної води у гідрофобне середовище.

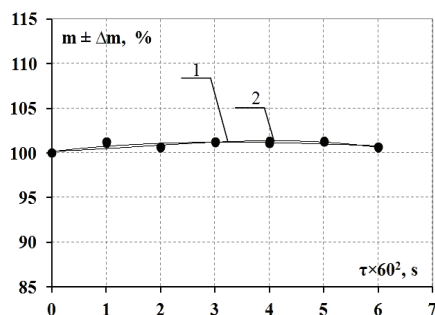


Рис. 4. Динаміка маси ($m \pm \Delta m$) гелю Alg_2Ca (у олії соняшникової за концентрації AlgNa , % 1 – 1,0; 2 – 1,5 відповідно)

Дослідження властивостей оболонки капсульованих олій дозволяють встановити параметри та умови одержання кінцевої продукції. Визначено, що сталі фізичні та органолептичні показники готового продукту будуть одержані при використанні гідрофобної сировини у якості середовища зберігання для капсульованих олій за обґрунтованих температур зберігання.

Для обґрунтування технологічної операції технології капсульованих олій – «витримування у водно-спиртовому середовищі Ca^{2+} » необхідно визначити параметри технологічного процесу цієї операції. Можна зробити висновок, що гель Alg_2Ca кардинально не змінює своїх властивостей під час технологічно-технічного «шляху» перебування у водно-спиртовому середовищі Ca^{2+} .

Науково обґрунтовано умови зберігання капсульованих олій. Визначено, що продукт не змінює своїх властивостей під час зберігання та реалізації його з або без заливки, в якості якої можуть виступати широкий асортимент гідрофобної речовини.

7. Обговорення результатів науково обґрунтованої розробки рецептурного складу оболонок

У статті описано системне дослідження функціональних властивостей компонентів системи, що підлягають капсулюванню, «олія соняшникова – AlgNa – CaCl_2 ». Встановлено закономірності одержання термостабільних капсул з внутрішнім умістом олії соняшникової сировини методом співвісної вертикальної екструзії у двошарове приймальне середовище. Узагальнено теоретичні та експериментальні дослідження з розробки технології капсульованих олій, яка полягає в комплексній переробці олій рослинних. Створенні рецептурних сумішей для капсулювання та утворення оболонки капсули у двошаровому приймальному середовищі.

Керований технологічний процес капсулоутворення методом співвісної вертикальної екструзії на авторському пристрої забезпечує одержання промислового продукту – капсульована олія – з заданими властивостями та подовженими термінами зберігання, особливістю якого є термостійкість істотної безшовної упаковки, інтактність внутрішньої дозованої олійної складової.

Використання капсульованих олій в якості напівфабрикату високого ступеня готовності у бізнес-процесах B2B, B2C та у технологіях кулінарної продукції закладів ресторанного господарства дозволяє створити новий сегмент цієї групи, який має інноваційний підхід у організації харчування. Саме тому, розробка технології інтактної, сформованої у капсули олії соняшникової та її впровадження у розвитку сучасних технологій виробництва кулінарної продукції може бути новим трендом розвитку технологій.

Реалізація наукових принципів в межах технології капсулювання олій та науково обґрунтованого процесу індустріального капсулювання (сферифікації) на авторському приладі також має бути представлена олієжировою сировиною, збагаченою поліненасиченими, насиченими жирними кислотами, стеринами, фосфоліпідами, жиророзчинними вітамінами тощо.

8. Висновки

1. Обґрунтовано фізичні закономірності технології одержання капсульованих олій та визначено параметри гравітаційного переходу квазістабільної капсули в водно-спиртовий розчин CaCl_2 двошарового при-

ймального середовища на авторському пристрої. За фізичної характеристики капсула повинна бути більшою за густини приймального середовища, що виражається у співвідношенні оболонки капсули та внутрішньої складової олії соняшникової ($\rho=926,0 \text{ кг/м}^3$).

2. Аналітичними дослідженнями системи «капсула – приймальне середовище» науково обґрунтовано умови перебігу технології капсулювання олій –

загальна густина капсули, густина двошарового прийомного середовища, між фазовий перетин межі фаз двошарового прийомного середовища. Обґрунтовано склад оболонок капсулюваних олій, визначено, що за концентрації цукру білого $C_{\text{цукру білого}}=23,0\%$ капсули характеризуються пружністю ($E_{\text{пр}}=11,0 \times 10^3 \text{ Па}$) та сталими органолептичними показниками продукту під час зберігання.

Література

1. Popkin, B. M. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries [Text] / B. M. Popkin, L. S. Adair, S. W. Ng // Nutrition reviews. – 2012. – Vol. 70, Issue 1. – P. 3–21. doi: 10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x
2. Мардар, М. Р. Маркетингові дослідження при позиціонуванні та виведенні на ринок низькокалорійного майонезу, збагаченого комплексом синбіотиків [Text] / М. Р. Мардар // Харчова наука та технологія. – 2016. – Т. 10, № 1. – С. 3–7.
3. Kasprzak, M. M. Rapeseed napin and cruciferin are readily digested by poultry [Text] / M. M. Kasprzak, J. G. M. Houdijk, S. Liddell, K. Davis, O. A. Olukosi, S. Kightley et. al. // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. – 2016. doi: 10.1111/jpn.12576
4. McHenry, B. Balanced Nutrition and Crop Production Practices for Closing Sorghum Yield Gaps [Text] / B. McHenry, E. Adey, J. Kimball, P. V. Vara Prasad, I. A. Ciampitti // Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports. – 2016. – Vol. 2, Issue 5. – P. 2–5. doi: 10.4148/2378-5977.1219
5. Lim, J. Y. Evaluation of Dietary Behavior among Elementary School Students in Seoul Area Using Nutrition Quotient for Children [Text] / J. Y. Lim, J. H. Kim, S. H. Min, M. H. Lee, M. J. Lee // Korean journal of food and cookery science. – 2016. – Vol. 32, Issue 1. – P. 84–95. doi: 10.9724/kfcs.2016.32.1.84
6. Marcos, B. Innovations in Packaging of Fermented Food Products [Text] / B. Marcos, C. Bueno-Ferrer, A. Fernández. – Food Engineering Series, 2016. – P. 311–333. doi: 10.1007/978-3-319-42457-6_15
7. Chang, L. C. Development of the risk-based, phased-in approach for the international harmonization of the regulation of container closure systems for drugs in Taiwan [Text] / L. C. Chang, J. J. Kang, C. S. Gau // Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 2016. – Vol. 77. – P. 252–256. doi: 10.1016/j.yrtph.2016.03.018
8. Степанова, Т. М. Влияние сахарозы на структурно-механические свойства системы на основе «полуфабриката студнеобразующего для желированных изделий» [Текст] / Т. М. Степанова, Н. В. Кондратюк, С. П. Пивоваров // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – Т. 3, № 10 (75). – С. 49–54. doi: 10.15587/1729-4061.2015.43765
9. Пат. 2018305 Российская Федерация, МПК А61К9/48 Способ получения твердой желатиновой капсулы [Text] / Джонс Б. Э., Найт П. М., Уолкер М. А. – заявитель и патентообладатель Лилли Индастриз Лимитед. – № 4028207/14; заявл. 10.09.1986; опубл. 30.08.1994.
10. Başal, G. Preparation of antimicrobial agent loaded microcapsules for medical textiles [Text] / B. Güldemet, S. Karagönlü // Pamukkale University Journal of Engineering Sciences. – 2013. – Vol. 19, Issue 4. – P. 174–178. doi: 10.5505/pajes.2013.44153
11. Пат. 2157192 Российская Федерация, МПК7 А 61 К 9/48. Мягкая желатиновая капсула [Text] / Макаров В. Г., Детали В. А., Шишков А. Н. – заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Межрегиональный центр «Адаптоген». – № 99111660/14; заявл. 01.06.1990; опубл. 10.10.2000.
12. Пат. 2057462 Российская Федерация, МПК А23Л1/08. Способ получения биологически активной пищевой добавки [Text] / Скоблик Т. И., Юдина Т. И., Устинова Т. А., Дедаева Е. М., Хаитов Р. М., Орадовская И. В., Фадеева И. Д., Лохова Ф. Ш., Зайцев А. Н. – заявитель и патентообладатель фармацевтическое акционерное общество «Ферейн». – № 93042903/13; заявл. 27.08.1993; опубл. 10.04.1996.
13. Pat. US20110059165 A1, МПК А61К35/60, А61К9/48, В01J13/20, А61Р3/02. США 424/451, 424/523, 264/4.3. Seamless alginate capsules [Text] / Gaserod O., Larsen C. K., Andersen P. O. – 12/874,567; declared: 2.09.2010; published: 10.03.2011.
14. Патент на винахід № 92250 Україна МПК А 23 Р, А61К. Спосіб одержання багатошарових капсул [Текст] / Пивоваров П. П., Пивоваров Є. П. – заявники та патентовласники П. П. Пивоваров, Є. П. Пивоваров. – а200901896; заявл. 03.03.2009; опубл. 11.10.2010; Бюл. № 19. – 5 с.
15. Kailasapathy, K. Biopolymers for Administration and Gastrointestinal Delivery of Functional Food Ingredients and Probiotic Bacteria [Text] / K. Kailasapathy. – Functional Polymers in Food Science. – 2015. – P. 231–259. doi: 10.1002/9781119108580.ch11
16. Горальчук, А. Б. Реологічні методи дослідження сировини та харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: [Текст]: метод. пос. / А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко та ін. – Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2006. – 63 с.
17. ДСТУ ISO 2173:2007 Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT) [Текст]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 11 с.
18. Кондратюк, Н. В. Оценка буферных свойств фосфатов в составе среды для капсулирования ацидофильной палочки [Text] / Н. В. Кондратюк, В. Л. Большакова, Е. П. Пивоваров, П. П. Пивоваров // Научный результат. Серия «Технологии бизнеса и сервиса». – 2016. – № 1 (7). – С. 32–36.
19. Neklesa, O. The study of influence of technological factors of encapsulated oils and their shell production using sodium alginate [Text] / O. Neklesa, E. Korotayeva, O. Nagorniy // EUREKA: Life Sciences. – 2016. – Vol. 6. – P. 11–16. doi: 10.21303/2504-5695.2016.00237